Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 4, Sep.-Dec. 2021, p. 461-473

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۴۰۰، ص. ۴۷۳-۴۶۱

مقاله پژوهشی

اثر روش‌های خاک‌ورزی بر برخی خصوصیات خاک و بهره‌وری آب در دو رقم چغندرقند

محمد خرمیان[1*]– محمدسعید حسنوندی[2]– سیدرضا اشرفی زاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶

چکیده

مصـرف بهینه آب، انرژی و بهبود خصوصـیات فیزیکی خاک از ویژگی‌های خاک‌ورزی حفاظتی اسـت که در این مطالعه تأثیر آن بر عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقند پاییزه طی دو سـال زراعی ۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷ بررسـی شد. برای این منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های نواری خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصـادفی با سـه تکرار در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول با بافت لومی رسی سیلتی اجرا شد. کرت اصلی شامل خاک‌ورزی مرسوم (CT)، چیزل (CH)، کم‌خاک‌ورزی (MT)، و بی خاک‌ورزی به صورت کاشت مستقیم در بقایای گندم (NT) و کرت فرعی شامل دو رقم پالما و شریف بود. آبیاری به‌صورت جویچه‌ای و با سیفون‌های هم قطر صورت گرفت. نتایج شاخص مخروطی (CI) و جرم مخصوص ظاهری خاک (BD) در لایه ۱۰-۰ برای کلیه روش‌های خاک‌ورزی مشابه و در یک سطح آماری قرار داشتند. مقادیر CI در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر با میانگین ۰/۷۹ مگاپاسـکال در یک سطح اما BD در تیمار NT با مقدار ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب اختلاف معنی‌داری با سه روش دیگر خاک‌ورزی نشان داد. با این وجود هیچ یک از روش‌های خاک‌ورزی تأثیری در رشـد و انشـعاب ریشـه چغندرقند نداشـت. از طرفی درصـد کربن آلی خاک، عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقند، در تیمارهای خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری نداشـتند. واکنش ارقام پالما و شریف به شیوه‌های خاک‌ورزی یکسان بود، حال آنکه بهره‌وری آب ریشـه تر و شـکر رقم پالما (به‌ترتیب ۹ تن در هکتار و ۱/۲ کیلوگرم در متر مکعب) بالاتر از رقم شـریف (به‌ترتیب ۷/۳ تن در هکتار و ۱ کیلوگرم بر متر مکعب) بود. مجموع نتایج نشان داد که استفاده از کاشت مستقیم چغندرقند پاییزه در بقایای گندم امکان‌پذیر بوده و علاوه بر حذف آبیاری قبل از کاشت و کاهش تردد ماشین‌های خاک‌ورزی، با گزینش رقم مناسب می‌توان عملکرد کیفی را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، بی خاک‌ورزی، چغندرقند پاییزه، جرم مخصوص ظاهری خاک، شاخص مخروطی

مقدمه

آب و انرژی از عوامـل مهم تـأثیرگـذار در تولیـد محصـــولات کشـاورزی محسـوب می‌شـود. ازاین‌رو مدیریت درست استفاده از این منـابع در مقیاس مزرعه‌ای، منطقه‌ای، حوضـــه‌ای و ملی ضـــرورتی اجتناب‌ناپذیر اسـت. رعایت اصول کشاورزی حفاظتی یعنی حفظ بقایا، حـذف یـا کـاهش خـاک‌ورزی و اســـتفاده از تناوب‌های پرمنفعت از راهکارهای بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در مقیاس مزرعه‌ای است که با اجرای درسـت آن سـلامتی خاک همانند افزایش تدریجی مواد آلی خاک و درنتیجه بهبود خصـوصیات فیزیکی خاک (۱۲، ۱۵ و ۲۸)، کاهش فرسـایش خاک (۳۳) و بهبود تولید محصولات مهمی همچون گندم، ذرت و چغندرقند (۹ و ۳۸) تضـمین می‌شود. حذف مراحل تهیه زمین و در نتیجـه کـاهش مصـــرف ســـوخت بدون کاهش عملکرد محصـــول از ویژگی‌های دیگر خاک‌ورزی حفاظتی نســـبت به روش خاک‌ورزی مرسـوم (۳۵) اسـت که معمولاً در اراضـی با وسـعت زیاد همچون کشت و صنعت‌های بزرگ اهمیت بالایی دارد.

چغندرقند یکی از گیاهان صـنعتی اسـت که در شـرایط مرسوم از گاوآهن برای تهیه زمین اسـتفاده می‌شود. برخی مطالعات حاکی از آن اسـت که عملکرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی چغندرقند (استفاده از کولتیواتور، دیسـک و کاشت مستقیم) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم (اسـتفاده از گاوآهن) کاهش یافته اسـت (۸، ۱۴، ۲۰ و ۲۹). ازاین‌رو برخی محققان نشـــان داده‌اند که می‌توان کاهش احتمالی عملکرد در بی خاک‌ورزی را با افزایش تراکم بذر، اثرات مثبت آن بر ساختار خاک، امکان کاشـــت زودتر چغندرقند (۲۹) و ســـرعت بالای جوانه‌زنی (۳۰)

۱ و ۳– اســـتادیاران پژوهشـــی بخش تحقیقات فنی و مهندســـی کشـــاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
(*– نویسنده مسئول: Email: khorramy.mohamad@yahoo.com)
۲– استادیار پژوهشی بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صـفی آباد، سـازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشـاورزی، دزفول، ایران

DOI: 10.22067/JSW.2021.14888.0

پوشش داد. لافر و کوچ (۲۱) نشان دادند که در دو حالت خاک‌ورزی زیاد و کم خاک‌ورزی، عملکرد ماده خشک و عملکرد شکر سفید چغندرقند در مقایسه با خاک‌ورزی نواری (به هم زدن خاک در محل کاشت بذر) حدود ۷ درصد بیشتر است. نتایج برخی مطالعات حاکی از عملکرد یکسان چغندرقند در روش خاک‌ورزی مرسوم با روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (۲، ۶، ۱۶ و ۲۶) و در مواردی برتری نسبی عملکرد ریشه چغندرقند در کم خاک‌ورزی نسبت به روش مرسوم (۳۶) و نداشتن اختلاف معنی‌داری در میزان قند تولیدی (۶ و ۳۰) است. این در حالی است که بی خاک‌ورزی یا کم خاک‌ورزی زراعت چغندرقند در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک از جمله کاهش فشردگی خاک (۲۹)، کاهش جرم مخصوص ظاهری لایه سطحی خاک (۱۰-۰ سانتی‌متر)، افزایش ذخیره رطوبتی خاک (۳۳)، کاهش رواناب و فرسایش خاک (۲۲) مؤثر گزارش شده است. استیون و همکاران (۳۴) با مقایسه خاک‌ورزی نواری و مرسوم چغندرقند در تناوب با جو مالت در دو سامانه آبیاری بارانی خطی لپا و مزا[1] نشان دادند که در خاک‌ورزی نواری هزینه کاشت و مصرف کود در چغندرقند به تنهایی ۶۶ درصد و در دوره تناوب چغندرقند-جو مالت ۴۷ درصد کاهش یافت، اما اختلاف معنی‌داری بین دو شیوه آبیاری مشاهده نشد. تارکالسون و کینگ (۳۵) با بررسی اثر مدیریت آبیاری بارانی و خاک‌ورزی بر عملکرد چغندرقند نشان دادند که خاک‌ورزی نواری در تمام سطوح آبیاری، عملکردی مشابه خاک‌ورزی مرسوم داشته ضمن آنکه در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم مقدار رواناب کاهش و نفوذ آب افزایش یافت. همین نتایج توسط ایوانز و همکاران (۱۲) در منطقه سیدنی گرفته شد.

کاشت چغندرقند پاییزه در اراضی شمال استان خوزستان در ماه مهر و در سطحی بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار صورت می‌گیرد (۱). غالب ارقام، خارجی (آنتک، پالما و سیلوتا) و رقم رایج داخلی رقم شریف است که با ماشین ردیف‌کار روی پشته کاشته و به‌صورت جویچه‌ای آبیاری می‌شود. میانگین عملکرد ریشه چغندرقند حدود ۵۵ تن در هکتار است (۱) که در صورت اعمال مدیریت درست در مراحل کاشت تا برداشت، عملکرد ریشه چغندرقند به بیش از ۹۰ تن در هکتار خواهد رسید (۱۹). سوزاندن بقایای گندم و پس از آن استفاده از گاوآهن برای آماده‌سازی بستر چغندرقند باعث شده تا بخش قابل‌توجهی از کربن آلی، که در چرخه تولید مواد آلی خاک مؤثر است و همچنین خاکدانه‌ها از بین رفته (۲۴) و خصوصیات فیزیکی خاک در جهت کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب تغییر یابد. از طرفی نتایج مطالعات فوق نشان داد که کاشت مستقیم چغندرقند در بقایای گندم و چاودار نقش مهمی در کاهش فشردگی خاک (۲۹) و کاهش رواناب (۱۵ و ۲۵) داشت. نتایج متناقض اثر بی خاک‌ورزی بر عملکرد چغندرقند در نقاط مختلف دنیا ضرورت بررسی بیشتر روش‌های خاک‌ورزی و از جمله بی‌خاک‌ورزی در شرایط اقلیمی ایران را نشان می‌دهد. ازاین‌رو مطالعه حاضر بر مبنای امکان کاشت مستقیم چغندرقند پاییزه در بقایای گندم و تأثیر آن بر عملکرد ریشه و بهره‌وری آب دو رقم شریف (نماینده ارقام ایرانی) و پالما (نماینده ارقام خارجی) و برخی خصوصیات فیزیکی خاک، در شرایط اقلیمی شمال خوزستان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت اجرای مطالعه

این مطالعه در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول با بافت خاک لومی رسی سیلتی (جدول ۱) در دو سال زراعی متوالی، ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. این مرکز به‌ترتیب در عرض شمالی ´14.436 ºَ32 - ´15.933 º32 و طول جغرافیایی º48 ´25.414 - ´26.471 º48 قرار دارد. متوسط بارش و تبخیر سالانه طبق اطلاعات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک موجود در این مرکز به‌ترتیب ۳۱۷ و ۲۴۰۰ میلی‌متر و ارتفاع از سطح دریا ۱۰۸ متر است. آب مورد نیاز مزرعه از شبکه آبیاری دز، با شوری ۰/۵۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر تأمین شد. کل مقدار بارش سال اول و دوم به‌ترتیب ۲۶۸ و ۶۲۰ میلی‌متر (شکل ۱) و بارش مؤثر به روش SCS به ترتیب ۱۸۲/۴ و ۳۵۳/۳ میلی‌متر محاسبه شد.

متفاوت بودن مقدار و توزیع بارش‌ها در دو سال متوالی باعث شد تا تعداد آبیاری‌ها در سال اول ۹ و در سال دوم ۳ نوبت باشد (جدول ۳).

تیمارها

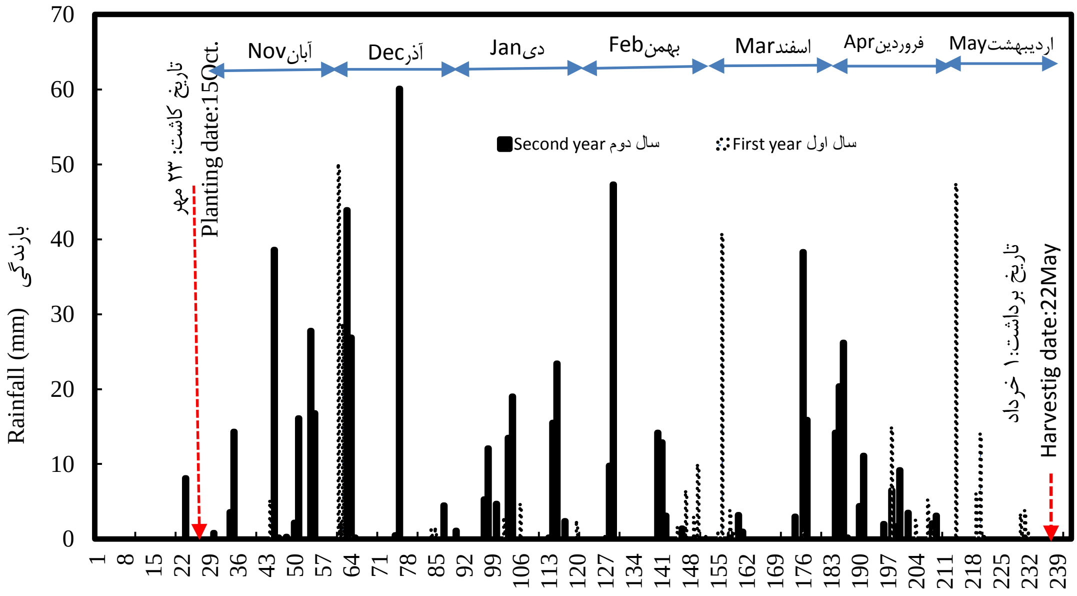
پس از برداشت گندم، چهار روش خاک‌ورزی در کرت اصلی و کاشت دو رقم شریف (رقم ایرانی) و پالما (رقم خارجی) در کرت فرعی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب آزمون بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای خاک‌ورزی شامل ۱- استفاده از گاوآهن برگردان‌دار (خاک‌ورزی مرسوم) (CT)، ۲- گاوآهن قلمی یا چیزل (CH) ۳- استفاده از دو دیسک عمود برهم (کم‌خاک‌ورزی) (MT) و ۴- کاشت در بقایا بدون انجام هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی (بی خاک‌ورزی) (NT) اعمال شد (جدول ۲ و شکل ۲). آبیاری قبل از تهیه زمین در تمام تیمارها به غیر از تیمار بی‌خاک‌ورزی صورت گرفت و پس از آنکه رطوبت خاک به ۱۶ تا ۱۷ درصد وزنی رسید عملیات تهیه زمین مطابق جدول ۲ اعمال شد.

1 -LEPA, low-energy precision application; MESA, mid-elevation spray application

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در زمان آماده‌سازی زمین

Table 1- Soil physical and chemical properties of field soil at the time of soil preparation

عمق خاک Soil depth (m)	pH	EC (dS m^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر P (mg kg^{-1})	پتاسیم K (mg kg^{-1})	بافت خاک Soil texture
0-0.2	7.43	1.1	1.1	10.2	188	CL-SiCL
0.2-0.4	7.68	0.93	0.93	5.2	140	CL-SiCL
0.4-0.6	7.76	0.57	0.57	3.4	95	SiCL
0.6-0.8	7.62	0.36	0.36	2.2	77	SiCL
0.8-1.0	7.77	0.34	0.34	1.6	77	SiCL



شکل ۱- توزیع بارش در دو سال زراعی ۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷

Figure 1- Rainfall distribution in two years plnting 2017-2018 and 2018-2019

جدول ۲- مشخصات تیمارهای خاک‌ورزی در کرت اصلی

Table 2- Tillage treatments characteristics in main plot

روش خاک‌ورزی Tillage methods	مخفف Abbreviation	ماشین‌های خاک‌ورزی و کاشت Tillage and planting machines	تردد ماشین Machinery traffic
خاک‌ورزی مرسوم (Conventional tillage)	CT	شخم با گاوآهن + اجرای مراحل MT (Moldboard ploughing + MT steps)	7
چیزل (Chisel)	CH	چیزل + اجرای مراحل MT (Chisel ploughing + MT steps)	7
کم‌خاک‌ورزی (Minimum tillage)	MT	دو دیسک عمود برهم +کودپاشی با کودپاش سانتریفوژ + دیسک سبک + ایجاد جوی و پشته + کاشت با ردیف‌کار پنوماتیک Two perpendicular disks+ fertilizing centrifugal machine+ disking+ furrowing+ planting with pneumatic row planter	6
بی خاک‌ورزی (No-Till)	NT	سم‌پاشی، کاشت در بقایای گندم با ردیف‌کار پنوماتیک بی‌خاک‌ورز Spraying+ Planting in wheat residues with NT Pneumatic row planter	2



شکل ۲- تیمارهای مختلف خاک‌ورزی چغندرقند

Figure 2- Different tillage treatments of sugar beet

برای اجرای مکانیزه، طول هر کرت ۱۰۰ متر و عرض آن ۶ متر و فاصله پشته‌ها ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مصرف کودهای شیمیایی در هر دو سال آزمایش بر اساس توصیه کودی مبنی بر آزمون خاک (جدول ۱) بود. به این صورت که تمامی کود فسفر و پتاسیم از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم و یک‌دوم کود اوره به‌صورت پایه و بقیه آن در مرحله وجین، بلافاصله پس از تنک کردن بوته‌ها، به‌صورت یکسان به مزرعه داده شد. با این توصیف در سال اول، ۳۳۰، ۱۱۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل و پتاس و در سال دوم به ترتیب ۴۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. بذر مصرفی بر مبنای یک واحد در هکتار برای تمام روش‌های خاک‌ورزی به‌صورت یکسان اعمال شد. کاشت چغندرقند در سال اول ۲۵ مهر ۱۳۹۶ و در سال دوم در ۲۳ مهر ۱۳۹۷ صورت گرفت. کلیه عملیات زراعی شامل تنک کردن بوته‌ها، وجین علف‌های هرز و کولتیواتور تیغه‌ای و مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی برای تمام تیمارها به‌طور یکسان انجام شد.

اندازه‌گیری‌ها و تجزیه آماری

مقاومت نفوذ خاک برحسب مگا پاسکال تا عمق ۵۰ سانتی‌متر در لایه‌های ۲ سانتی‌متر با دستگاه نفوذسنج دیجیتالی دستی مدل SP1000 در پنج نقطه از هر کرت به‌صورت زیگزاگی و در همان زمان جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه‌های ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (۲۵).

آبیاری جویچه‌ای با سیفون‌های هم قطر و اعمال روش کاهش دبی صورت گرفت. به این صورت که پس از رسیدن آب به انتها مقدار دبی خروجی با برداشتن یک سیفون از هر جویچه کاهش یافت. دور آبیاری بر مبنای تخلیه رطوبت سهل‌الوصول (۴) و عمق آب آبیاری بر مبنای تأمین میزان تخلیه رطوبتی در عمق توسعه ریشه صورت گرفت. عمق ناخالص آب مورد نیاز هر کرت بر حسب سانتی‌متر از رابطه (۱) محاسبه و با مشخص بودن سطح هر کرت بر حسب متر مربع، حجم مورد نیاز آبیاری هر تیمار محاسبه شد. با نصب فلوم WSC و کنترل دبی در کلیه تیمارها و تکرارها حجم آب مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گرفت (۱۹).

$$I= [(\theta_{fc}-\theta_i)\times R_z]\times BD \div E_a \qquad (۱)$$

I عمق آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، θ_{fc} رطوبت حجمی خاک در ظرفیت مزرعه که با دستگاه صفحات فشار تعیین شد، θ_i رطوبت خاک قبل از آبیاری که بر اساس روش وزنی تا عمق ۱۰۰ و در لایه‌های ۲۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (۲۳)، R_z عمق توسعه ریشه چغندرقند بر حسب سانتی‌متر که با حفاری خاک در چند نقطه از تیمارهای مختلف و اندازه‌گیری ریشه اصلی و استفاده از میانگین مقادیر در محاسبات صورت گرفت، BD جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و E_a راندمان کاربرد بر حسب اعشار است. به این صورت که در هر نوبت آبیاری مقادیر آب ورودی از مقادیر آب خروجی از هر پلات کم شده و حاصل با فرض ناچیز بودن نفوذ عمقی بر مقدار آب ورودی تقسیم شد. میانگین تکرارهای هر روش خاک‌ورزی برای محاسبات آبیاری بعدی مورد استفاده قرار گرفت. حجم آب ورودی و خروجی کرت‌های اصلی با ۲۴ عدد فلوم WSC تیپ ۴ و ۵ اندازه‌گیری شد (شکل ۳). علاوه بر پارامترهای فوق،در طول دوره رشد تیمارهای چغندرقند به لحاظ بیماری‌ها و آفات نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نمونه‌گیری چغندرقند در سال اول و دوم به‌ترتیب ۲۱۶، ۲۲۰ روز پس از کاشت به‌صورت برداشت یک پشته ۷۵ سانتی‌متر به طول ۱۰ متر (معادل ۷/۵ متر مربع) و محاسبه عملکرد ریشه، عملکرد شکر (حاصل‌ضرب عملکرد ریشه یا غده چغندرقند و درصد قند سفید) و همچنین شمارش تعداد انشعاب در ریشه چغندرقند که ممکن است در اثر فشردگی خاک ایجاد شود، اندازه‌گیری شد (۳۷). بهره‌وری آب (WP) بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب از نسبت عملکرد ریشه تر به مجموع حجم آب آبیاری و بارش مؤثر محاسبه شد (۳). برای محاسبه بهره‌وری آب شکر، مقدار شکر استحصالی به جای ریشه تر در نظر گرفته شد (۱۹). بارش مؤثر بخشی از مجموع بارندگی است که در محدوده پروفیل عمق توسعه ریشه گیاه قابل ذخیره است. در این مطالعه بارش مؤثر بر اساس تبخیر و تعرق و بارش ماهانه و کاربرد معادله SCS محاسبه شد (۳). تجزیه مرکب داده‌ها با نرم‌افزار آماری MSTATC، مقایسه میانگین با آزمون دانکن صورت گرفت.



شکل ۳- وضعیت ظاهری چغندرقند در تیمارهای مختلف خاک ورزی در مرحله رشد و توسعه

Figure 3- Appearance of sugar beet in different tillage treatments in the development stage

جدول ۳- نتایج مقادیر آب مصرفی چغندرقند در دو سال متوالی

Table 3- Results of sugar beet water consumption for two consecutive years

سال زراعی Crop year	تاریخ آبیاری Irrigation date	آب ورودی Inflow (mm)			
		NT	CH	MT	CT
1396-97 (2017-2018)	25.7.96 (17.10.2017)	86.8	134.9	117.3	118.9
	1.8.96 (23.10.2017)	63.1	70.6	72.4	64
	10.8.96 (1.11.2017)	55.4	61.9	62.5	62.4
	22.8.96 (13.11.2017)	55.5	49.3	52.6	53.1
	26.9.96 (17.12.2017)	55.6	64.5	51.8	51.7
	11.11.96 (31.1.2018)	55	55.7	44.6	49.4
	26.12.96 (17.3.2018)	68.8	75.5	72.8	73.4
	27.1.97 (16.4.2018)	63.4	70.1	66.8	73.9
	2.3.97 (23.5.2018)	94.7	93.8	94.2	94.3
Total مجموع		**598.4**	**676.3**	**635.3**	**641**
1397-98 (2018-2019)	23.7.97 (15.10.2018)	77.1	131.9	116.6	127.5
	29.7.97 (21.10.2018)	63.9	89.1	95.1	97.5
	16.2.98 (6.5.2019)	94.5	96.2	94.7	94.2
Total مجموع		**235.5**	**317.2**	**306.4**	**319.5**

نتایج و بحث

اثر روش‌های خاک‌ورزی بر حجم آب مصرفی

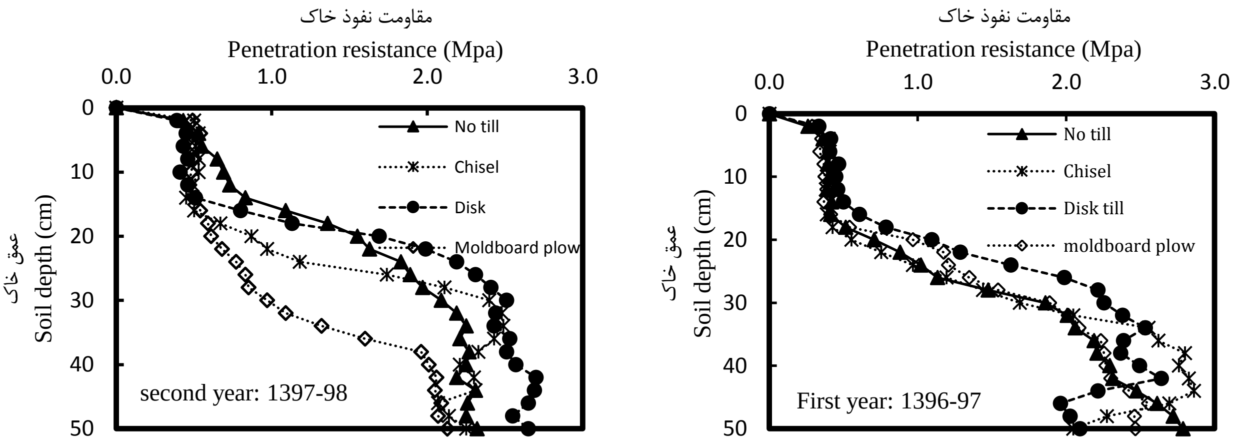
حجم آب مصـــرفی در هر یک از روش‌های خاک‌ورزی تقریباً مشـــابـه اما میانگین آب مصـــرفی در آبیاری اول (خاکاب) در روش بی‌خاک‌ورزی ۳۳ درصد و در مجموع کل نوبت‌های آبیاری ۱۶ درصد کمتر از روش خـاک‌ورزی مرســـوم بود (جـدول ۳). زیرا در روش بی‌خاک‌ورزی با وجود بقایا ســـرعت حرکت آب در جویچه‌ها کمتر از روش‌های دیگر خاک‌ورزی اسـت (۱۷)، اما به دلیل محیط خیس شده بیشـــتر جویچـه‌ها، محل قرارگیری بذر به ســـرعت مرطوب شـــده، به‌طوری‌که در آبیاری اول پس از رسـیدن آب به انتها (تکمیل شـدن زمان پیشـروی) محل قرارگیری بذر مرطوب و لزومی به تداوم آبیاری نبود. از طرفی اسـتفاده از چیزل و گاوآهن باعث افزایش سـرعت نفوذ آب در آبیاری اول و تداوم آبیاری پس از تکمیل زمان پیشـــروی برای مرطوب شـــدن محـل قرارگیری بـذر و در نتیجـه افزایش عمق آب مصـرفی (جدول ۳) شـد (۲۹). حسـین‌پور و همکاران (۱۷) با ۹ نوبت آبیاری و مجموع بارش ۳۷۶ میلی‌متر، کل مقدار آب مصـرفی در دوره رشـد چغندرقند پاییزه را ۵۵۹ میلی‌متر اندازه‌گیری کردند که با شرایط داده‌های سال اول این مطالعه تطابق دارد.

اثر خاک‌ورزی بر خصوصیات خاک

مقاومت نفوذ خاک شـاخصـی برای شناسایی اثرات خاک‌ورزی بر قابلیت نفوذ ریشـــه در خاک اسـت که به‌نوبه خود می‌تواند وضـعیت توسـعه ریشـه چغندرقند را نشان دهد. مقاومت نفوذ خاک تا عمق ۵۰ سـانتی‌متر فارغ از روش خاک‌ورزی بین ۲/۷-۰ مگا پاسکال بود. این مقدار برای عمق ۱۰-۰ ســـانتی‌متر ۰/۴-۰ مگا پاســـکال و حاکی از نداشـتن اختلاف معنی‌دار بین چهار روش خاک‌ورزی است (شکل ۴ و

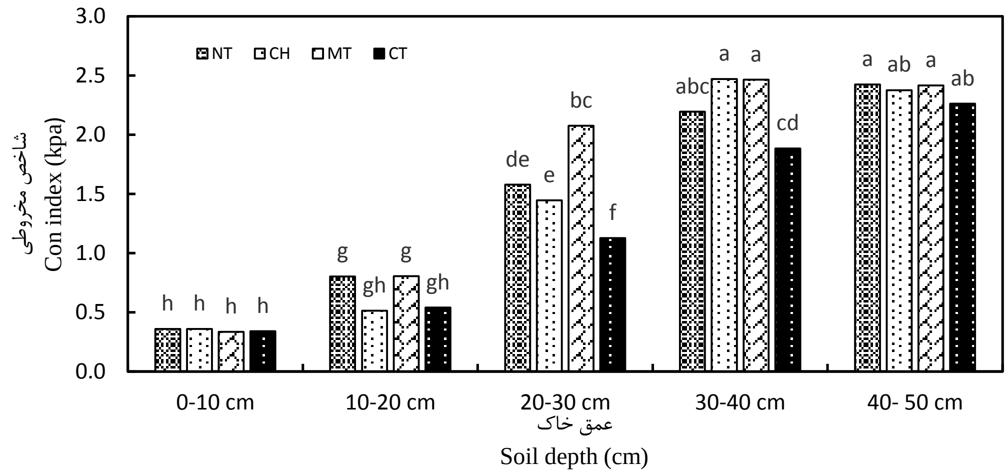
۵). ابراهیمی کولایی و همکاران (۱۱) میانگین فشـردگی خاک در ۴۰ مزرعه چغندرکاری در اسـتان همدان را برای عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سـانتی‌متر به ترتیب ۱/۷ و ۳/۲۳ مگاپاسـکال بدسـت آورده و نشـان دادند که این مقادیر تاثیری در افت عملکرد چغندرقند ندارد. با افزایش عمق، فشـردگی خاک نیز به‌تدریج افزایش یافت (۵). با این توصـیف فشـردگی خاک در پروفیل ۵۰-۰ سـانتی‌متر در روش بی خاک‌ورزی، چیزل و کم‌خـاک‌ورزی بـه‌ترتیـب ۴۵ ، ۳۴ و ۵۹ درصـد بیش از خاک‌ورزی مرسـوم بود. کوچ و همکاران (۲۰) حد آسـتانه فشـردگی خاک برای ممانعت از رشـد و نمو ریشـه بسـیاری از محصـولات و از جمله چغندرقند را ۴/۲، و شـروع کاهش رشـد ریشه چغندر قند را ۱/۹ مگاپاسکال گزارش نمود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت علی‌رغم اینکه فشردگی در بی خاک‌ورزی ۴۵ درصد بیش از خاک‌ورزی مرسوم است، محدودیتی در رشد و نمو ریشه ایجاد نخواهد شد.

بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسـوم انشـعاب ریشـه کمتری (به ترتیـب ۲/۶۷ و ۲/۸۳) نسـبت به دو تیمار چیزل و کم‌خاک‌ورزی (به ترتیب ۴/۲ و ۵/۳ عدد) داشت (شکل ۶) که بیانگر نقش مثبت کاشت مسـتقیم چغندرقند در کاهش انشـعاب ریشـه است. براساس مطالعات اوهلر و همکاران (۳۷) میزان فشـردگی و منشـعب شدن ریشه که در کاهش عملکرد محصـول موثر اسـت، در دو حالت فشـردگی ناشی از تردد در مسـیر چرخ تراکتور با حالت بدون تردد مقایسه نموده و نشان دادند که اگرچه میزان تراکم در مسـیر چرخ تراکتور بیشتر بود، تفاوت معنی‌داری در عملکرد و منشعب شدن ریشه وجود نداشت.



شکل ۴- اثر روش‌های خاک‌ورزی بر مقاومت نفوذ خاک در مرحله میانی رشد چغندرقند

Figure 4- Effect of tillage methods on soil penetration resistance in mid stage of sugar beet growth

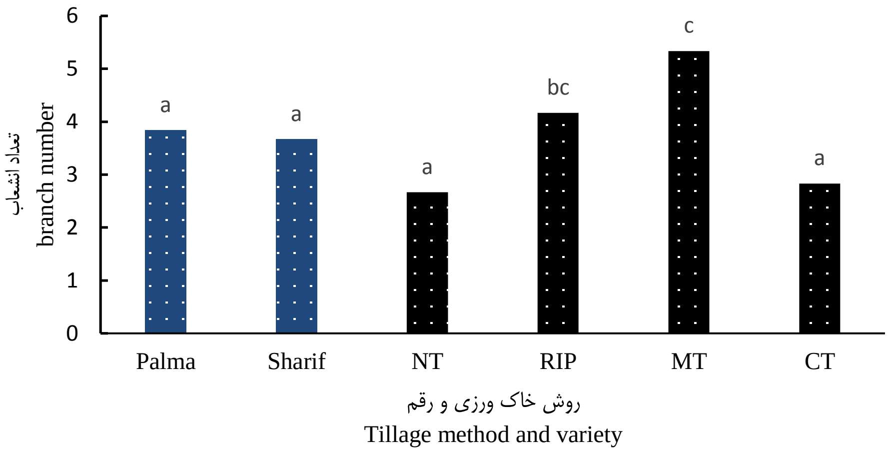


شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص مقاومت نفوذ در مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی

(حروف مشابه به مفهوم قرارگیری در یک سطح آماری است)

Figure 5- Average comparison of penetration resistance index in different tillage management

(Similar letters indicate no statistical difference)



شکل ۶- میانگین تعداد انشعاب دو رقم چغندرقند در مدیریت های مختلف خاک‌ورزی

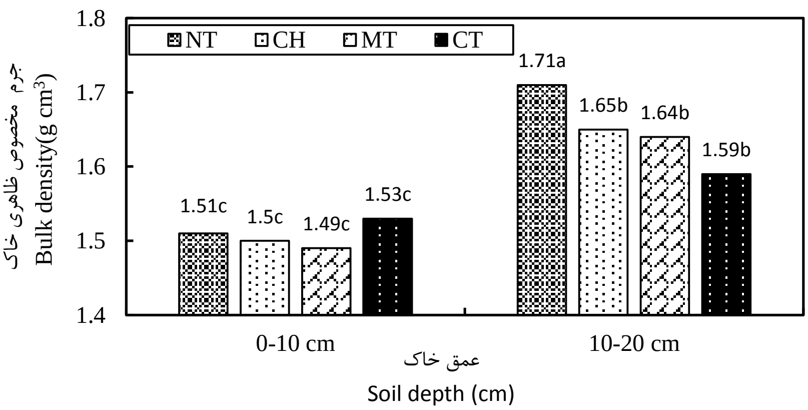
(حروف مشابه به مفهوم قرارگیری در یک سطح آماری است)

Figure 6- Average of branch number for two sugarbeet variety in different tillage managements

(Similar letters indicate no statistical difference)

نتـایج انـدازه‌گیری جرم مخصــوص ظـاهری در لایـه ۱۰-۰ سانتی‌متر منطبق بر نتایج شاخص مقاومت نفوذ، و نداشتن اثر معنی‌دار تیمارهای خاک‌ورزی بر جرم مخصــوص ظاهری خاک بود (شکل ۷)، اما در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر، روش بی خاک‌ورزی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۷۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب اختلاف معنی‌داری با سه روش دیگر خاک‌ورزی نشـــان داد. زیرا هیچ گونه عملیات خاک‌ورزی برای تهیه زمین صـــورت نگرفته اســـت. ژائو و همکاران (۱۳) در چین با مقایسه بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی نواری در یک خاک لومی رسی و سینگ و همکاران (۳۳) در پاکستان با مقایسه مزرعه بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج در حالت میان مدت و بلند مدت تناوب گندم-برنج در یک خاک لومی- رســی- ســیلتی نشــان دادند که جرم مخصــوص ظاهری خاک در شرایط بی خاک‌ورزی افزایش یافت.

نتایج اندازه‌گیری درصد کربن آلی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر در انتهـای دوره رشـــد حاکی از نبودن تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای خاک‌ورزی بود (جدول ۴). باوجود این، برای یک دوره یک‌ساله درصد کربن آلی خاک در تیمار دیســک، چیزل و بی خاک‌ورزی به ترتیب ۸، ۱۲/۷ و ۱۴/۴ درصد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم افزایش یافت (شکل ۸). مطـالعـات مـارتین و همکاران (۲۴) افزایش کربن آلی و بهبود تدریجی خصــوصــیات فیزیکی خاک در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی را تایید می‌کند.

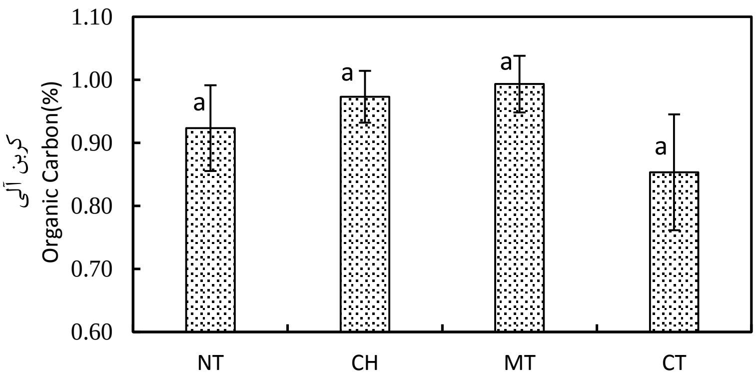


شکل ۷- اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک

(حروف مشابه به مفهوم قرارگیری در یک سطح آماری است)

Figure 7- Effect of different tillage management on soil bulk density

(Similar letters indicate no statistical difference)



شکل ۸- مقایسه درصد کربن آلی خاک در زمان برداشت چغندرقند

(حروف مشابه به مفهوم قرارگیری در یک سطح آماری است)

Figure 8- Comparison of soil organic carbon percent at sugar beet harvest

(Similar letters indicate no statistical difference)

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقند

Table 4- Combined analysis of variance for yield and water productivity of sugarbeet

منبع Source	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر Sugar yield	بهره‌وری آب ریشه Root water productivity	بهره‌وری آب شکر Root water productivity
سال (Year)	8019**	4.7ns	20.2*	0.36*
تکرار سال R(Y)	45ns	1.8ns	0.86ns	0.03ns
خاک‌ورزی (Till)	96.2ns	2.7ns	2.46ns	0.07ns
سال×خاک‌ورزی (Y×Till)	80.4ns	3.9ns	1.25ns	0.04ns
خطا (Error)	205.3	2.6	3.8	0.05
رقم (Variety)	318.5*	36.1**	8.99*	81**
سال×رقم (Year×Variety)	1640**	30.5**	32.95**	0.72**
خاک‌ورزی×رقم (Till×Variety)	90.9ns	3.1ns	1.87ns	0.05ns
سال×خاک‌ورزی×رقم (Year×Till×Variety)	211*	3.2ns	4.09*	0.06ns
خطا (Error)	53.2	1.5	1.08	0.03
ضریب تغییرات (CV)	10.3	15	10.9	14.4

*و **: به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است.

*and **:Significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

اثر خاک‌ورزی بر عملکرد و بهره‌وری آب

اثر سال بر عملکرد ریشه در سطح ۱ درصد و بهره‌وری آب ریشه و شکر سفید در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بارش‌های بی‌سابقه سال دوم (۶۲۰ میلی‌متر) بیش از دو برابر سال اول (۲۶۸ میلی‌متر) (شکل ۲) باعث شد تا بیماری‌های گیاهی به‌شدت افزایش یابد به‌طوری‌که میانگین عملکرد و بهره‌وری آب ریشه چغندرقند از ۸۳ تن در هکتار و ۱۰/۲ کیلوگرم بر متر مکعب در سال اول به ۵۷ تن در هکتار و ۸/۹ کیلوگرم بر متر مکعب در سال دوم کاهش یافت. این وضعیت در کلیه مزارع چغندرقند در شمال استان خوزستان نیز مشاهده شد. مجموع عوامل بارش و تأثیر سوء بیماری بر عملکرد باعث متفاوت شدن نتایج بهره‌وری آب در دو سال شد.

روش خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ریشه و شکر چغندرقند نداشت. با وجود این، عملکرد ریشه تیمار خاک‌ورزی مرسوم ۶ تا ۸/۵ درصد و عملکرد شکر سفید بین ۶ تا ۱۲ درصد بیش از سه روش خاک‌ورزی دیگر بود (جدول ۵). لافر و کوچ (۲۲) افزایش ۷ درصدی عملکرد چغندرقند در خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی و کاهش ۶ درصد در عملکرد ریشه و قند در بی خاک‌ورزی را نتیجه گرفتند. این محققان کاهش عملکرد در بی‌خاک ورزی را در اثر از بین رفتن پشته در برخی از نقاط در کشت قبلی (گندم) و یکنواخت نبودن توزیع بقایای کشت قبلی و در نتیجه اختلال در رشد و نمو بوته‌ها و کاهش عملکرد نهایی عنوان نموده‌اند. برخی مطالعات دو عامل غیر همسو، تراکم علف هرز(عامل منفی) و نگهداری رطوبت خاک و در نتیجه افزایش غده‌های چغندرقند (عامل مثبت) در روش بی‌خاک‌ورزی را اثرات خنثی‌کننده افزایش یا کاهش عملکرد دانسته به گونه‌ای که

موجب شده تا اختلاف معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد چغندرقند در مقایسه با روش‌های دیگر خاک‌ورزی حاصل نشود (۲ و ۶). با وجود نداشتن اختلاف معنی‌دار بهره‌وری آب ریشه و شکر در روش‌های خاک‌ورزی، مقدار این شاخص در بی خاک‌ورزی، ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب بود که مقدار آن نسبت به سه روش دیگر خاک‌ورزی ۸ درصد افزایش یافت. نتایج این مطالعه همسو با نتایج جابرو و همکاران (۱۸) است. این محققان نشان دادند که در یک دوره سه ساله علی‌رغم اینکه تفاوت معنی‌داری در بهره‌وری آب روش‌های خاک‌ورزی چغندرقند وجود نداشت، میانگین بهره‌وری آب ریشه در روش خاک‌ورزی نواری (۱۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب)، حدود ۱۰ درصد بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم (۹/۶ کیلوگرم بر متر مکعب) بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و بهره‌وری آب در دو رقم چغندرقند و روش‌های خاک‌ورزی

Table 5- Comparison of mean yield and water productivity in two sugar beet cultivars and tillage methods

رقم Variety	خاک‌ورزی Tillage	عملکرد ریشه Root yield (ton/ha)	عملکرد شکر Sugar yield (ton/ha)	بهره‌وری آب ریشه Root water productivity (kg/m³)	بهره‌وری آب شکر Root water productivity (kg/m³)
پالما Palma	NT	69.27[a]	8.61[a]	9.98[a]	1.26[a]
	CH	74.62[a]	9.52[a]	9.86[a]	1.28[a]
	MT	68.64[a]	8.05[a]	9.38[a]	1.13[a]
	CT	79.91[a]	9.98[a]	10.68[a]	1.35[a]
شریف Sharif	NT	69.20[a]	7.84[a]	9.98[a]	1.14[a]
	CH	65.35[a]	6.79[a]	8.38[a]	0.89[a]
	MT	67.89[a]	7.10[a]	8.99[a]	0.96[a]
	CT	69.39[a]	7.49[a]	9.10[a]	1.00[a]
میانگین Mean	Palma پالما	73.11[a]	9.04[a]	9.98[a]	1.26[a]
	Sharif شریف	67.96[b]	7.30[b]	9.11[b]	1.00[b]

حروف مشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Similar letters indicate no statistical difference

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سال و رقم بر عملکرد و بهره‌وری آب چغندرقند

Table 6- Comparison of mean effect of year and variety on sugar beet yield and water productivity

سال Year	رقم Variety	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر Sugar yield	بهره‌وری آب ریشه Root water productivity	بهره‌وری آب شکر Root water productivity
اول First	پالما Palma	80.2[a]	8.6[a]	9.8[a]	1.04[b]
	شریف Sharif	86.7[a]	8.4[a]	10.6[a]	1.03[b]
دوم Second	پالما Palma	66[b]	9.5[a]	10.2[a]	1.46[a]
	شریف Sharif	49.2[c]	6.2[b]	7.6[b]	0.96[b]

حروف مشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Similar letters indicate no statistical difference

در مجموع می‌توان استدلال کرد اگرچه عملکرد و بهره‌وری آب در چهار شیوه خاک‌ورزی مورد مطالعه معنی‌دار نشد، کاشت مستقیم چغندرقند در بقایای گندم در کوتاه‌مدت به دلیل کاهش مصرف انرژی و سرعت عمل بیشتر (جدول ۲) بهتر از روش‌های دیگر خاک‌ورزی است. مطالعات جمتوس و کاوالاریس (۱۴) همسو با این نتایج بوده و نشان دادند که در روش‌های چیزل، روتیواتور، دیسک و بی خاک‌ورزی چغندرقند به‌ترتیب ۲۴/۲، ۴۴/۱، ۷۲ و ۵۳/۸ درصد مصرف انرژی کمتر از روش خاک‌ورزی مرسوم است.

رقم پالما با عملکرد و بهره‌وری آب ریشه و شکر سفید (به‌ترتیب ۷/۵، ۹/۹ و ۲۶ درصد) بالاتر از رقم شریف، بیانگر سازگاری بهتر آن با شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی از جمله بی خاک‌ورزی بود، به‌طوری‌که میانگین عملکرد آن در روش‌های خاک‌ورزی (۷۳/۱ تن در هکتار) نسبت به رقم شریف (۶۸ تن در هکتار) بالاتر بود (جدول ۴ و ۵).

اختلاف مقدار بارش در دو سال انجام آزمایش باعث شد تا اثر متقابل سال و رقم برای صفات عملکرد و بهره‌وری آب در سطح ۱

درصد معنی‌دار شده و در نتیجه روند تغییرات عملکرد و بهره‌وری آب در دو سال اجرا متفاوت باشد. به این صورت که رقم شریف در سال اول با عملکرد ۸۶/۷ تن در هکتار بالاتر از رقم پالما با عملکرد ۸۰/۲ تن در هکتار بود اما در سال دوم علی‌رغم کاهش عملکرد هر دو رقم (جدول ۶) به دلیل تغییر شرایط اقلیمی (شکل ۲) و مقاومت بالای رقم پالما به بیماری‌ها و از جمله سرکسپورا (۲۳) باعث شد تا نه تنها عملکرد شکر رقم پالما کاهش نیافت، نسبت به سال گذشته افزایش معنی‌داری را نشان داد. شاخص‌های بهره‌وری آب ریشه و شکر سفید نیز روند مشابهی داشتند (جدول ۶). با این توصیف استفاده از ارقام مقاوم به بیماری‌های گیاهی نقش مؤثری در افزایش بهره‌وری آب در شرایط تغییر اقلیم خواهند داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج دوساله حاصل از این تحقیق نشان داد که کاشت مستقیم چغندرقند پاییزه در بقایای گندم در شمال استان خوزستان با حذف کامل تردد ماشین‌های خاک‌ورزی امکان‌پذیر است. علی‌رغم اینکه در روش بی خاک‌ورزی آماده‌سازی زمین صورت نگرفت، فشردگی خاک در لایه سطحی خاک برای تمام تیمارهای خاک‌ورزی یکسان و بیشترین تفاوت در دو عمق ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متر بود که مقادیر آن‌ها به‌ویژه در روش بی خاک‌ورزی نقشی در کاهش رشد ریشه و تعداد ریشه‌های منشعب نداشت. ازاین‌رو کاشت مستقیم چغندرقند رقم پالما در بقایای گندم با مقدار آب مصرفی ۵۹۸ میلی‌متر و بارش سالیانه ۲۶۸ میلی‌متر در شمال استان خوزستان و سایر مناطق با بافت و شرایط اقلیمی مشابه پیشنهاد می‌شود.

منابع

1- Abadzadeh H.R., Ahmadi K., Mohammadnia Afrozi S., Taghani R.A., Abbasi M., and Yari S. 2017. Agricultural Statistics. Volume II. Information and Communication Technology Center of Ministry of Agriculture Jihad. (In Persian)

2- Afshar R.K., Nilahyane A., Chen C., He H., Stevens W.B., and Iversen W.M. 2019. Impact of conservation tillage and nitrogen on sugar beet yield and quality. Soil and Tillage Research 191: 216-223.

3- Alizadeh M. 2007. Irrigation system design. Volume 1. Ferdowsi University of Mashhad Publications. (In Persian)

4- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

5- Arvidsson J., Bolenius E., and Cavalieri K.M. V. 2012. Effects of compaction during drilling on yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 39: 44–51.

6- Belmont K.M. 2015. Effect of Tillage, Irrigation Amounts, and Nitrogen Rates in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). University of Idaho. Thesis.

7- Bengough A.G., and Mullins C.E. 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. Journal of Soil Science 41(3): 341–358.

8- Cavalaris C.K., and Gemtos T.A. 2002. Evaluation of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. Journal of Scientific Research and Development 4: 1-24.

9- Chandra A., Joshi B., and Guru S.K. 2018. A comparative study on tillage practices and their impact on soil properties and root attributes of plants. International Journal of Chemical Studies 6(2): 2257-2263.

10- Desrochers J., Brye K.R., Gbur E., Pollock E.D., and Savin M.C. 2019. Long-term residue and water management practice effects on particulate organic matter in a loessial soil in eastern Arkansas, USA. Geoderma 337: 792-804.

11- Ebrahimi Koulaee H., Norouzi N., Hasani M., Bakhtiari M.R., Pedram A., and Noshad H. 2011. Effect of soil compaction on some quantity and quality characters of sugar beet. Journal of Sugarbeet 26(2): 214-205. (In Persian with English abstract)

12- Evans R.G., Stevens W.B., and Iversen W.M. 2010. Development of strip tillage on sprinkler irrigated sugarbeet. Applied Engineering in Agriculture 26(1): 59–69.

13- Gao W., Whalley W.R., Tian Z., Liu J., and Ren T. 2016. A simple model to predict soil penetrometer resistance as a function of density, drying and depth in the field. Soil and Tillage Research 155: 190-198.

14- Gemtos B.T.A., and Cavalaris C.K. 2001. Soil tillage effect in the sugar beet crop. First World Congress on conservation agriculture. 1-5 Oct. 2001 Madrid, Spain.

15- Gura I., and Mnkeni P.N.S. 2019. Crop rotation and residue management effects under no till on the soil quality of a Haplic Cambisol in Alice, Eastern Cape, South Africa. Geoderma 337: 927-934.

16- Halvorson A.D., and Hartman G.P. 1984. Reduced Seedbed Tillage Effects on Irrigated Sugarbeet Yield and Quality. Agronomy Journal 76(4): 603.

17- Hosseinpour M., Hosseinian S.H., and Yousefabadi V. 2017. Effect of irrigation management on quantitative and qualitative parameters of autumn-sown sugar beet. Journal of Sugarbeet 33(2): 221-235. (In Persian with English abstract)

18- Jabro J.D., Stevens W.B., Iverson W.M., Evans R.G., and Allen B.L. 2014. Crop water productivity of sugarbeet as

affected by tillage. Agronomy Journal 106(6): 2280-2286.

19- Khorramian M., and Hasanvand M.S. 2020. Determination of irrigation water productivity of direct drilling of autumn sown sugar beet in North of Khouzestan. Agricultural Engineering Research Institute. Report no. 58553. (In Persian with English abstract)

20- Koch H.J., Dieckmann J., Buchse A., and Marlander B. 2009. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. European Journal of Agronomy 30(2): 101–109.

21- Laufer D., and Koch H.J. 2017. Growth and yield formation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under strip tillage compared to full width tillage on silt loam soil in Central Europe. European Journal of Agronomy 82: 182–9.

22- Laufer D., Loibl B., Marlander B., and Koch H.J. 2016. Soil erosion and surface runoff under strip tillage for sugar beet in Central Europe. Soil Tillage Research 162: 1–7.

23- Mahmoodi S.B., Sharifi H., and Khodaddadi S. 2012. Evaluation of Commercial Sugar Beet Cultivars for Resistance to Cercospora Leaf Spot Under Field Condition. Plant Protection 34(2): 23-32.

24- Martín-Lammerding D., Tenorio J.L., Albarran M.M., Zambrana E., and Walter I. 2013. Influence of tillage practices on soil biologically active organic matter content over a growing season under semiarid Mediterranean climate. Spanish Journal of Agricultural Research 11(1): 232-243.

25- Merten G.H., Araújo A.G., Biscaia R.C. M., Barbosa G.M.C., and Conte O. 2015. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. Soil and Tillage Research 152: 85-93.

26- Miyazawa K., Tsuji H., Yamagata M., Nakano H., and Nakamoto T. 2004. Response of Soybean, Sugar Beet and Spring Wheat to the Combination of Reduced Tillage and Fertilization Practices. Plant Production Science 7(1): 77–87.

27- Mu X., Zhao Y., Liu K., Ji B., Guo H., Xue Z., and Li C. 2016. Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat–maize cropping system on the North China Plain. European Journal of Agronomy 78: 32-43.

28- Nouri A., Lee J., Yin X., Tyler D. D., and Saxton A.M. 2019. Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA. Geoderma 337: 998-1008.

29- Richard G., Boiffin J., and Duval Y. 1995. Direct drilling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) into a cover crop: effects on soil physical conditions and crop establishment. Soil Tillage Research 34(3): 169–85.

30- Romaneckas K., Romaneckien R., Sarauskis E., Pilipavius V., and Sakalauskas A. 2009. The effect of conservation primary and zero tillage on soil bulk density, water content, and sugarbeet growth and weed infestation. Agronomy Research 7(1): 73-86.

31- Romaneckas K., Sarauskis E., Masilionytė L., and Sakalauskas A. 2013. Impact of Different Tillage Methods on Silty Loam Water Content in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Crop. Journal of Environmental Protection 4: 219-225.

32- Scholz G., Quinton J.N., and Strauss P. 2008. Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. Catena 72(1): 91–105.

33- Singh K., Mishra A.K., Singh B., Singh R.P., and Patra D.D. 2016. Tillage effects on crop yield and physicochemical properties of sodic soils. Land Degradation and Development 27(2): 223-230.

34- Stevens W.B., Evans R.G., Iversen W.M., Jabro J.D., Sainju U.M., and Allen B.L. 2015. Strip tillage and high-efficiency irrigation applied to a sugarbeet–barley rotation. Agronomy Journal 107(4): 1250–1258.

35- Tarkalson D.D., and King B.A. 2017. Effects of tillage and irrigation management on sugarbeet production. Agronomy Journal 109(5): 2396–2406.

36- Tarkalson D.D., Bjorneberg D.L., and Moore A. 2012. Effects of tillage system and nitrogen supply on sugarbeet production. Tillage System & Nitrogen Supply 49(3&4): 79–102.

37- Uhlir V., Marecek J., and Cervinka J. 2018. Impact of soil compaction in sowing on development and crops of sugar beet. Research in Agricultural Engineering 52(1): 11–16.

38- Wang Y., Zhang Y., Zhou S., and Wang Z. 2018. Meta-analysis of no-tillage effect on wheat and maize water use efficiency in China. Science of The Total Environment 635: 1372-1382.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 4, Sep.-Dec. 2021, p. 461-473

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۴۰۰، ص. ۴۷۳-۴۶۱

The Effect of Tillage Methods on some Soil Properties and Water Productivity of Two Sugar Beet Cultivars

M. Khorramian[1*] – M.S. Hasanvandi[2]- S.R. Ashrafeizadeh[3]

Received: 30-09-2019
Accepted: 17-07-2021

Introduction: North of Khuzestan province is one of the major areas for autumn sugar beet planting. Conventional tillage (CT) is widely practiced by sugar beet growers in this region. CT in sugar beet consists of burning wheat residue, using deep plowing with a moldboard plow or ripper plowing followed by several passes of disking, leveling, and furrowing. These aggressive tillage practices have many negative consequences for soils. Losses of soil organic carbon decreases soil permeability and consequently increases soil erosion and surface runoff. Therefore, applying conservation agriculture principles in sugar beet planting, conservation of residues and elimination or reduction of tillage, can help to optimize water use management and improve soil health on a farm scale. The objectives of this study were (i) to determine the possibility of direct planting of autumn sugar beet in wheat residues, (ii) to estimate sugar beet yield and crop water productivity (WP) under CT, chisel (CH), minimum tillage (MT) and no-tillage (NT) systems, (iii) to evaluate the response of sugar beet cultivars (Sharif and Palma) to different soil tillage systems, and (iv) to determine the effect of soil tillage systems on some soil physical properties.

Materials and Methods: A field experiment was conducted for two years (2016—2017) at the Safiabad Dezful Agricultural Research Center (32° 14.44´-32°15.93´ and 48° 25.41´-48°47). The soil of the study site was deep, well-drained with a silty clay loam texture. The mean annual precipitation and evaporation are 317 and 2400 mm, respectively, with an elevation of 108 m above mean sea level. Irrigation water was supplied from the Dez irrigation network without any salinity restrictions. The experimental was conducted in a split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replicates. The main-plot treatment was tillage method and the subplot treatment was two sugar beet cultivars (Palma and Sharif). Tillage treatments included conventional tillage (CT) (moldboard ploughing + MT steps), chisel (CH) (chisel ploughing + MT steps), minimum tillage (MT) (two perpendicular disks, fertilizing centrifugal machine, disking, furrowing, planting with pneumatic row planter), and no-tillage (NT) (spraying, planting with NT pneumatic row planter). The length and width of each plot were 100 and 6 m, respectively, and row spacing was 75 cm.

Soil penetration resistance or cone index (CI) readings were recorded in 2 cm increments to a depth of 50 cm using SP1000 digital penetration tester to reflect the soil compaction. Soil bulk density was determined in 0-10 and 10-20 cm layers. In the first and second year, sugar beet samplings were done 216 and 220 days after planting, by harvesting a row of 75 cm with length of 10 m (7.5 m^2). WP was calculated by dividing the root and sugar yield to irrigation water and effective rainfall (effective rainfall was calculated every year with SCS method). Composite data analysis and mean comparison were performed with MSTATC statistical software.

Results and Discussion: Results of CI showed no significant difference between four tillage methods at 0-10 cm depth. With increasing depth up to 30 cm, slight differences in soil compaction were observed for different tillage treatments, especially in the second year. Overall, compaction in the 0-50 cm profile in the CT and CH method were about 45% and 33%, respectively, lower than NT method, whereas in MT method it was about 37% higher than NT method. Results of root branch number analysis showed that the NT and CT treatments had the lowest branching (2.67 and 2.83, respectively) and the two CH and MT treatments had the highest branching (4.2 and 5.3, respectively). Therefore, NT had no negative effect on root growth of sugar beet. The results of bulk density measurements in the 0-10 cm layer were consistent with the results of the CI, but at depth of 10-20 cm, NT method with the highest bulk density (1.71 g cm^{-3}) had significant difference with the other three tillage methods. Tillage method had no significant effect on root and sugar yield and root and sugar WP. However, in CT treatment, root yield increased by 6-8.5% and sugar yield by 6-12%, while root and sugar WP in NT treatment was about 8% higher than in the other three tillage treatments. On the other hand, changing climate conditions,

---

1 and 3- Assistant Professors Agricultural Engineering Research Department, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, AREEO, Dezful, Iran
(*- Corresponding Author Email: khorramy.mohamad@yahoo.com)
2- Assistant Professor Sugar Beet Research Department, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, AREEO, Dezful, Iran
DOI: 10.22067/JSW.2021.14888.0

especially rainfall during two years of the experiment, resulted in significant interaction between year and cultivar for yield and WP at 1% probability level. In the first year, the yield of Sharif cultivar (86.7 t ha^{-1}) was higher than Palma (80.2 t ha^{-1}), but in the second year, despite the decreasing yield of both cultivars, higher resistance of Palma cultivar to Cercospora disease resulted in a significant increase in sugar yield and WP over last year.

Conclusion: The two-year results of this study showed that the direct planting of autumn sugar beet in wheat residues (NT) is possible. Sugar beet yield and WP were not significantly different in tillage methods, but NT reduced tillage traffic from 7 times to 2 times and reduced energy consumption. The response of the two sugar beet cultivars to different tillage methods was the same and among them the Palma cultivar had the highest yield because of its higher resistance to Cercospora disease.

Keywords: Autumn sugar beet, Cone index, Soil bulk density, Surface irrigation, Tillage